

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

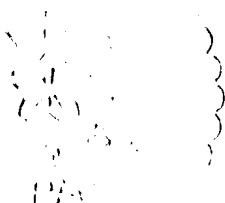
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 4月16日

出願番号
Application Number: 特願2003-112088
[ST. 10/C]: [JP2003-112088]

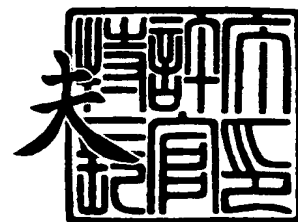
出願人
Applicant(s): セイコーエプソン株式会社



2004年 4月 5日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2004-3027949

【書類名】 特許願

【整理番号】 J0096724

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 27/04

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 唐木 信雄

【特許出願人】

 【識別番号】 000002369

 【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100079108

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 稲葉 良幸

【選任した代理人】

 【識別番号】 100080953

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 田中 克郎

【選任した代理人】

 【識別番号】 100093861

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大賀 眞司

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 011903

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9808570

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体集積回路及び電子機器並びにトランジスタのバックゲート電位制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 作動状態から待機状態へ又は待機状態から作動状態への状態遷移を有する複数の回路ブロックと、

前記複数の回路ブロックの各々の状態遷移を予め規定する有限ステートマシンに基づいて前記回路ブロックの論理素子を形成するトランジスタのバックゲート電位をイベントドリブン式に制御する制御回路を備える、半導体集積回路。

【請求項 2】 前記制御回路は、前記回路ブロックが待機状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が増加するように前記バックゲート電位を制御する、請求項 1 に記載の半導体集積回路。

【請求項 3】 前記制御回路は、前記回路ブロックが作動状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が減少するように前記バックゲート電位を制御する、請求項 1 又は請求項 2 に記載の半導体集積回路。

【請求項 4】 前記複数の回路ブロックの各々に電源供給を行うための共通電源線と、

前記複数の回路ブロックの各々を接地するための共通接地線と、

前記共通電源線又は前記共通接地線のうち少なくとも一方と前記回路ブロックとの間の電氣的な通電／遮電を行うスイッチング素子をさらに備え、

前記制御回路は、前記有限ステートマシンに基づいてイベントドリブン式に前記スイッチング素子の通電／遮電を制御する、請求項 1 乃至請求項 3 のうち何れか 1 項に記載の半導体集積回路。

【請求項 5】 請求項 1 乃至請求項 4 のうち何れか 1 項に記載の半導体集積回路を備えた電子機器。

【請求項 6】 作動状態から待機状態へ又は待機状態から作動状態への状態遷移を有する複数の回路ブロックと、

CSP 方式による前記回路ブロック相互間の通信通じて自律的に動作要求を行い、又は他律的に動作要求を受け入れるためのチャンネルと、

前記チャネルを通じて回路ブロック相互間を接続するポートを備え、

前記チャネル及びポートは前記回路ブロックの動作状態に応じて、前記回路ブロックの論理素子を構成するトランジスタのバックゲート電位を制御する、半導体集積回路。

【請求項 7】 前記チャネル及びポートは、前記回路ブロックが待機状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が増加するように前記バックゲート電位を制御する、請求項 6 に記載の半導体集積回路。

【請求項 8】 前記チャネル及びポートは、前記回路ブロックが作動状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が減少するように前記バックゲート電位を制御する、請求項 6 又は請求項 7 に記載の半導体集積回路。

【請求項 9】 前記複数の回路ブロックの各々に電源供給を行うための共通電源線と、

前記複数の回路ブロックの各々を接地するための共通接地線と、

前記共通電源線又は前記共通接地線のうち少なくとも一方と前記回路ブロックとの間の電氣的な通電／遮電を行うスイッチング素子をさらに備え、

前記チャネル及びポートは、前記回路ブロックの状態遷移に応じて前記スイッチング素子の通電／遮電を制御する、請求項 6 乃至請求項 8 のうち何れか 1 項に記載の半導体集積回路。

【請求項 10】 作動状態から待機状態へ又は待機状態から作動状態への状態遷移を有する複数の回路ブロックの各々の状態遷移を予め規定する有限ステートマシンに基づいて、前記回路ブロックの論理素子を形成するトランジスタのバックゲート電位をイベントドリブン式に制御する、バックゲート電位制御方法。

【請求項 11】 前記回路ブロックが待機状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が増加するように前記バックゲート電位を制御する、請求項 10 に記載のバックゲート電位制御方法。

【請求項 12】 前記回路ブロックが作動状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が減少するように前記バックゲート電位を制御する、請求項 10 又は請求項 11 に記載のバックゲート電位制御方法。

【請求項 13】 作動状態から待機状態へ又は待機状態から作動状態への状

態遷移を有する複数の回路ブロックと、CSP方式による前記回路ブロック相互間の通信通じて自律的に動作要求を行い、又は他律的に動作要求を受け入れるためのチャンネルと、前記チャンネルを通じて回路ブロック相互間を接続するポートを備える半導体集積回路のバックゲート電位制御方法であって、

前記チャンネル及びポートは、前記回路ブロックの動作状態に基づいて、前記回路ブロックの論理素子を構成するトランジスタのバックゲート電位を制御する、バックゲート電位制御方法。

【請求項 14】 前記回路ブロックが待機状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が増加するように前記バックゲート電位を制御する、請求項 13 に記載のバックゲート電位制御方法。

【請求項 15】 前記回路ブロックが作動状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が減少するように前記バックゲート電位を制御する、請求項 13 又は請求項 14 に記載のバックゲート電位制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体集積回路の低消費電力化を実現するためのトランジスタのバックゲート電位制御技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

特開平 9-83335 号公報（特許文献 1）には、VLSI 回路を複数の回路ブロックに分割して構成し、共通電源供給線又は共通接地電源線のうち少なくとも一方と回路ブロックとの間にスイッチングトランジスタを配置し、回路ブロックが待機状態（standby state）のときにスイッチングトランジスタの閾値電圧が上昇するようにバックゲート電位を制御した上でスイッチングトランジスタをカットオフさせる技術が開示されている。この技術を用いることにより、待機状態におけるリーク電流を減少させて消費電力を低減することができる。

【0003】

【特許文献 1】

特開平 9-83335 号公報

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述の従来技術ではチップ上の回路全体、或いは CPU コアやコ・プロセッサなどの比較的大きな回路ブロック毎にスイッチングトランジスタのバックゲート電位の制御をしていたため、リーク電流を減少させるためのきめ細かい制御ができず、回路全体でみると待機中のリーク電流が増大して消費電力が増加する問題があった。また、制御対象となる回路規模が大きくなる程、バックゲート電位切り換え時の電位安定に時間を要し、待機状態から作動状態への移行に遅れが生じるという問題があった。さらに、上述の従来技術では、回路ブロックの電源を遮断し、その時のリーク電流を減少させるための制御を行っているが、回路ブロックの電源を遮断すると、回路ブロックはその内部状態を保持する事が出来ない。従って、例えば、回路ブロックを順序回路で構成する場合、待機状態から作動状態へ移行させる際に、順序回路の初期設定乃至復帰設定を行う必要があり、回路規模の増大や待機状態から作動状態への移行が遅くなるといった不都合を生じてしまう。

【0004】

そこで、本発明は半導体集積回路の一層の低消費電力化を実現するとともに、回路の待機状態から作動状態への移行を速める改良技術を提案することを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明の半導体集積回路は、作動状態から待機状態へ又は待機状態から作動状態への状態遷移を有する複数の回路ブロックと、前記複数の回路ブロックの各々の状態遷移を予め規定する有限ステートマシンに基づいて前記回路ブロックの論理素子を形成するトランジスタのバックゲート電位をイベントドリブン式に制御する制御回路を備える。かかる構成により、回路ブロックの動作状態に基づいてトランジスタのバックゲート電位を制御できるため、半導体集積回路全体のリーク電流を効率よく減少させることができる。

【0006】

本発明の好適な形態においては、前記制御回路は、前記回路ブロックが待機状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が増加するように前記バックゲート電位を制御する。回路ブロックが待機状態のときにトランジスタの閾値電圧が増加するようにバックゲート電位を制御することで、待機状態のときのリーク電流を減少させることができる。特に、回路ブロックを多数に細分割することで、個々の回路ブロックのリーク電流をきめ細かく制御できるため、半導体集積回路全体のリーク電流を大幅に低減することができる。

【0007】

本発明の好適な形態においては、前記制御回路は、前記回路ブロックが作動状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が減少するように前記バックゲート電位を制御する。回路ブロックが作動状態のときにトランジスタの閾値電圧が減少するようにバックゲート電位を制御することで、回路の低電圧動作を可能にすることができる。

【0008】

本発明の好適な形態において、前記半導体集積回路は、前記複数の回路ブロックの各々に電源供給を行うための共通電源線と、前記複数の回路ブロックの各々を接地するための共通接地線と、前記共通電源線又は前記共通接地線のうち少なくとも一方と前記回路ブロックとの間の電氣的な通電／遮電を行うスイッチング素子をさらに備え、前記制御回路は、前記有限ステートマシンに基づいてイベントドリブン式に前記スイッチング素子の通電／遮電を制御する。個々の回路ブロックへの電力供給をオン／オフ制御するスイッチング素子を設けることで、待機時における回路ブロックからのリーク電流を低減できる。

【0009】

本発明の好適な形態において、前記スイッチング素子はMOSトランジスタである。MOSトランジスタによれば、バックゲート電位を制御することで、リーク電流を抑えることができる。

【0010】

本発明の好適な形態において、前記制御回路は前記MOSトランジスタが通電状態のときの閾値電圧よりも遮電状態のときの閾値電圧が増加するように前記M

OSトランジスタのバックゲート電位を制御する。これにより、回路ブロックからのリーク電流を効率よく抑えることができる。

【0011】

本発明の好適な形態において、前記回路ブロックを構成する論理素子が形成されているウェルと、前記MOSトランジスタが形成されているウェルとは分離されている。かかる構成により、スイッチング素子としてのMOSトランジスタのバックゲート電位と論理素子を形成するトランジスタのバックゲート電位を互いに影響を及ぼすことなく電位制御できる。

【0012】

本発明の半導体集積回路は、作動状態から待機状態へ又は待機状態から作動状態への状態遷移を有する複数の回路ブロックと、CSP方式による前記回路ブロック相互間の通信通じて自律的に動作要求を行い、又は他律的に動作要求を受け入れるためのチャンネルと、前記チャンネルを通じて回路ブロック相互間を接続するポートを備え、前記ポートは前記回路ブロックの動作状態に応じて、前記回路ブロックの論理素子を構成するトランジスタのバックゲート電位を制御する。かかる構成により、個々の回路ブロックはCSP方式により他の回路ブロックと通信を行い、自律的に又は他律的に動作する必要があるときにポートを通じてバックゲート電位が制御されるため、半導体集積回路全体のリーク電流を効率よく低減できる。

【0013】

本発明の好適な形態において、前記チャンネル及びポートは、前記回路ブロックが待機状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が増加するように前記バックゲート電位を制御する。かかる構成により、待機状態における個々の回路ブロックからのリーク電流を低減できる。

【0014】

本発明の好適な形態において、前記チャンネル及びポートは、前記回路ブロックが作動状態のときには前記トランジスタの閾値電圧が減少するように前記バックゲート電位を制御する。かかる構成により、トランジスタの低電圧駆動を可能とし、半導体集積回路の低消費電力化を図ることができる。

【0015】

本発明の好適な形態において、前記複数の回路ブロックの各々に電源供給を行うための共通電源線と、前記複数の回路ブロックの各々を接地するための共通接地線と、前記共通電源線又は前記共通接地線のうち少なくとも一方と前記回路ブロックとの間の電氣的な通電／遮電を行うスイッチング素子をさらに備え、前記ポートは、前記回路ブロックの状態遷移に応じて前記スイッチング素子の通電／遮電を制御する。個々の回路ブロックへの電力供給をオン／オフ制御するスイッチング素子を設けることで、待機時における回路ブロックからのリーク電流を低減できる。

【0016】

本発明の好適な形態において、前記スイッチング素子はMOSトランジスタである。MOSトランジスタによれば、バックゲート電位を制御することで、リーク電流を抑えることができる。

【0017】

本発明の好適な形態において、前記チャネル及びポートは前記MOSトランジスタが通電状態のときの閾値電圧よりも遮電状態のときの閾値電圧が増加するように前記MOSトランジスタのバックゲート電位を制御する。これにより、回路ブロックからのリーク電流を効率よく抑えることができる。

【0018】

本発明の好適な形態において、前記回路ブロックを構成する論理素子が形成されているウェルと、前記MOSトランジスタが形成されているウェルとは分離されている。かかる構成により、スイッチング素子としてのMOSトランジスタのバックゲート電位と論理素子を形成するトランジスタのバックゲート電位を互いに影響を及ぼすことなく電位制御できる。

【0019】

本発明のバックゲート電位制御方法は、作動状態から待機状態へ又は待機状態から作動状態への状態遷移を有する複数の回路ブロックの各々の状態遷移を予め規定する有限ステートマシンに基づいて、前記回路ブロックの論理素子を形成するトランジスタのバックゲート電位をイベントドリブン式に制御する。かかる構

成により、回路ブロックの動作状態に基づいてトランジスタのバックゲート電位を制御できるため、半導体集積回路全体のリーク電流を効率よく減少させることができる。

【0020】

本発明の半導体集積回路は、作動状態から待機状態へ又は待機状態から作動状態への状態遷移を有する複数の回路ブロックと、CSP方式による前記回路ブロック相互間の通信通じて自律的に動作要求を行い、又は他律的に動作要求を受け入れるためのチャンネルと、前記チャンネルを通じて回路ブロック相互間を接続するポートを備える半導体集積回路のバックゲート電位制御方法であって、前記チャンネル及びポートは、前記回路ブロックの動作状態に基づいて、前記回路ブロックの論理素子を構成するトランジスタのバックゲート電位を制御する。かかる構成により、個々の回路ブロックはCSP方式により他の回路ブロックと通信を行い、自律的に又は他律的に動作する必要があるときにポートを通じてバックゲート電位が制御されるため、半導体集積回路全体のリーク電流を効率よく低減できる。

【0021】

【発明の実施の形態】

[発明の実施形態1]

以下、各図を参照して本発明の第1実施形態について説明する。

図1はマスタユニットが集中制御的に複数の回路ブロックのバックゲート電位を制御するシステムのブロック図である。VLSIチップ内の半導体集積回路は、待機状態から作動状態へ、又は作動状態から待機状態への状態遷移を有するM個の回路ブロック（論理ブロック）20-1, 20-2, ..., 20-Mに分割されている。VLSIチップ全体の消費電力を低減するには、機能別に分類される多数の回路ブロックに分割することが望ましい。マスタユニット（制御回路）10はこれら回路ブロック20-1, 20-2, ..., 20-Mのバックゲート電位を一元的に集中制御するためのデータフローと制御ロジックをVLSIの論理設計レベルで構築したイベントドリブンシステムである。

【0022】

図 2 はマスタユニット 10 のバックゲート電位制御ロジックを実現する有限ステートマシン (Finite State Machine) の状態遷移図である。M 個の回路ブロック 20-1, 20-2, ..., 20-M の待機状態を「0」、作動状態を「1」に対応させ、有限ステートマシンを M ビットの 2 進数で表記すると、全ての回路ブロック 20-1, 20-2, ..., 20-M のバックゲート電位制御を行うには最大で 2^M 個の状態数が必要となる。有限ステートマシンを構成する個々の状態は回路ブロック 20-1, 20-2, ..., 20-M の待機状態「0」と作動状態「1」の全ての組み合わせを規定している。有限ステートマシンの状態を標記する 2 進数の上位 k ($1 \leq k \leq M$) 桁目の「0」, 「1」を回路ブロック 20-k の「待機状態」、「作動状態」を示すものとする、図中の符号 31 が示す状態は 2 進数の上位 2 桁目が「1」であるから、回路ブロック 20-2 の作動状態となることを示している。同様に、符号 32 が示す状態は 2 進数の上位 1 桁目と 2 桁目が「1」であるから、回路ブロック 20-1 と 20-2 が「作動状態」となることを示している。有限ステートマシンの状態遷移はイベントドリブン式に行われ、マスタユニット 10 は各々の回路ブロック 20-1, 20-2, ..., 20-M の動作状態を有限ステートマシンの状態に対応させることで、VLSI チップ内全回路ブロックのバックゲート電位制御を行う。

【0023】

尚、ここでは説明の便宜上、有限ステートマシンの各々の状態における「入力」と「出力」との関係は省略している。また、回路ブロック 20-1, 20-2, ..., 20-M への電源供給を後述するスイッチング素子を介して行うには、マスタユニット 10 は論理素子を構成するトランジスタのバックゲート電位制御に加えて、当該スイッチング素子のゲート電位とバックゲート電位の制御をも併せて行う。以下の説明においては、スイッチング素子を介してこれらの回路ブロック 20-1, 20-2, ..., 20-M に電源供給をオン／オフ制御する構成を第 1 の構成例とし、回路ブロック 20-1, 20-2, ..., 20-M を電源供給線に常時接続して電源供給を行う構成を第 2 の構成例とする。

【0024】

(第 1 の構成例)

図3は第1の構成例における回路ブロックへの電源供給系統を示す回路図である。ここでは、 i 番目の回路ブロック20- i の電源供給系統を図示するが、他の回路ブロックについても同様の回路構成を具備している。同図において、共通電源線 V_{dd} は全ての回路ブロック20-1, 20-2, ..., 20- M に電源供給を行うための電源線であり、共通接地線 V_{SS} は全ての回路ブロック20-1, 20-2, ..., 20- M を接地するための接地線である。回路ブロック20- i には局所的に電源供給を行うための部分電源供給線 L_{ai} と、局所的に接地するための部分接地線 L_{bi} とがそれぞれスイッチング素子としてのPMOSトランジスタ MP_i とNMOSトランジスタ NP_i を介して共通電源線 V_{dd} と共通接地線 V_{SS} とに接続している。

【0025】

尚、同図において、 ϕ_{Pi} はPMOSトランジスタ MP_i のゲート電位、 V_{NW_i} は同トランジスタ MP_i のバックゲート電位、 ϕ_{Ni} はNMOSトランジスタ MN_i のゲート電位、 V_{PW_i} は同トランジスタ MN_i のバックゲート電位、 X_i は回路ブロック20- i への入力信号、 Y_i は同回路ブロック20- i からの出力信号、 V_{Ni} は回路ブロック20- i の論理素子を構成するPMOSトランジスタのバックゲート電位、 V_{Pi} は回路ブロック20- i の論理素子を構成するNMOSトランジスタのバックゲート電位を示している。

【0026】

図5はVLSIチップのウェル構造を示している。P型基板40にはそれぞれ独立したNウェル41、42、44、45が各々形成され、さらに、Nウェル41内にはPウェル43が形成され、Nウェル44内にはPウェル46が形成されたトリプルウェル構造となっている。Pウェル43は上述のNMOSトランジスタ MN_i を形成するためのウェルであり、そのウェル電位 V_{PW_i} は同トランジスタ MN_i のバックゲート電位を示している。また、Nウェル42は上述のPMOSトランジスタ MP_i を形成するためのウェルであり、そのウェル電位 V_{NW_i} は同トランジスタ MP_i のバックゲート電位を示している。また、Nウェル45、Pウェル46は回路ブロック20- i 内の論理素子を構成するPMOSトランジスタ、NMOSトランジスタを形成するためのウェルである。ウェル電位 V_{Pi} は

NMOSトランジスタのバックゲート電位を示しており、ウェル電位 V_{Ni} はPMOSトランジスタのバックゲート電位を示している。

【0027】

VLSIチップのウェル構造は上述の構成に限らず、例えば、図6に示すウェル構造としてもよい。同図に示すウェル構造は、上述のP型基板40に替えてN型基板50をベースとしている。P型基板50にはそれぞれ独立したPウェル51、52、54、55が各々形成され、さらに、Pウェル51内にはNウェル53が形成され、Pウェル54内にはNウェル56が形成されたトリプルウェル構造となっている。Nウェル53は上述のPMOSトランジスタ MP_i を形成するためのウェルであり、そのウェル電位 V_{NW_i} はトランジスタ MP_i のバックゲート電位を示している。また、Pウェル52は上述のNMOSトランジスタ MN_i を形成するためのウェルであり、そのウェル電位 V_{PW_i} は同トランジスタ MN_i のバックゲート電位を示している。また、Pウェル55、Nウェル56は回路ブロック20-i内の論理素子を構成するNMOSトランジスタ、PMOSトランジスタを形成するためのウェルである。ウェル電位 V_{Pi} はNMOSトランジスタのバックゲート電位を示しており、ウェル電位 V_{Ni} はPMOSトランジスタのバックゲート電位を示している。

【0028】

図4は回路ブロック20-iの作動状態／待機状態におけるバックゲート電位の変化を示すタイミングチャートである。上述したように、マスタユニット10はイベントドリブン式に遷移する有限ステートマシンの各状態に応じて回路ブロック20-iの待機状態／作動状態を制御する。マスタユニット10は回路ブロック20-iを待機状態に遷移させるには、PMOSトランジスタ MP_i のゲート電位 ϕ_{Pi} に論理レベルHを与え、NMOSトランジスタ MN_i のゲート電位 ϕ_{Ni} に論理レベルLを与える。すると、PMOSトランジスタ MP_i とNMOSトランジスタ MN_i は共にオフ状態となり、部分電源供給線 La_i と部分接地線 Lb_i はそれぞれ共通電源線 V_{dd} と共通接地線 V_{SS} とから電氣的に切り離された状態となる。

【0029】

さらに、マスタユニット10はPMOSトランジスタ MP_i のバックゲート電位 V_{NW_i} を作動時の電位 V_{NW-AC} よりも昇圧させて V_{NW-SB} とし、NMOSトランジスタ MN_i のバックゲート電位 V_{PW_i} を作動時の電位 V_{PW-AC} よりも降圧させて V_{PW-SB} とする。すると、これらPMOSトランジスタ MP_i とNMOSトランジスタ MN_i の各々はボディエフェクトによって閾値電圧が増加するため、待機時のリーク電流を減少させることができる。

【0030】

マスタユニット10は、回路ブロック20-i内の論理素子を構成するPMOSトランジスタのバックゲート電位 V_{Ni} についても同様に作動時の電位 V_{N-AC} よりも昇圧させて V_{N-SB} とし、NMOSトランジスタのバックゲート電位 V_{Pi} についても同様に作動時の電位 V_{P-AC} よりも降圧させて V_{P-SB} とする。これにより、回路ブロック20-iの論理素子を構成するトランジスタの閾値電圧を増加させることが可能となり、待機状態における回路ブロック20-iのリーク電流を減少させることができる。

【0031】

一方、マスタユニット10は回路ブロック20-iを作動状態に遷移させるには、PMOSトランジスタ MP_i のゲート電位 ϕ_{Pi} に論理レベルLを与え、NMOSトランジスタ MN_i のゲート電位 ϕ_{Ni} に論理レベルHを与える。すると、PMOSトランジスタ MP_i とNMOSトランジスタ MN_i は共にオン状態となり、部分電源供給線 La_i と部分接地線 Lb_i はそれぞれ共通電源線 V_{dd} と共通接地線 V_{SS} に電氣的に接続した状態となる。

【0032】

さらに、マスタユニット10はPMOSトランジスタ MP_i のバックゲート電位 V_{NW_i} を待機時の電位 V_{NW-SB} よりも降圧させて V_{NW-AC} とし、NMOSトランジスタ MN_i のバックゲート電位 V_{Wi} を待機時の電位 V_{PW-SB} よりも昇圧させて V_{PW-AC} とする。すると、これらPMOSトランジスタ MP_i とNMOSトランジスタ MN_i の各々は閾値電圧が減少するため、回路ブロック20-iへの電源供給を速やかに行うことができる。これと同時に、マスタユニット10は、回路ブロック20-iの論理素子を構成するPMOSトランジスタのバックゲート電

位 V_{Ni} を待機時の電位 V_{N-SB} よりも降圧させて V_{N-AC} とし、NMOS トランジスタのバックゲート電位 V_{Pi} を待機時の電位 V_{P-SB} よりも昇圧させて V_{P-AC} とする。論理素子を構成するトランジスタの閾値電圧を減少させることで、低電圧動作において回路ブロックの動作スピードの低下を抑えることが出来るが、その代償としてリーク電流は増大する。本発明を以ってすれば、回路ブロック毎にきめ細かく、待機時のリーク電流を低く抑えることが可能となり、結果として回路全体の消費電力を抑えることができる。

【0033】

(第2の構成例)

図7は第2の構成例における回路ブロックへの電源供給系統を示す回路図である。ここでは、 i 番目の回路ブロック $20-i$ の電源供給系統を図示するが、他の回路ブロックについても同様の回路構成を具備している。同図において、共通電源線 V_{dd} は全ての回路ブロック $20-1$, $20-2$, ..., $20-M$ に電源供給を行うための電源線であり、共通接地線 V_{SS} は全ての回路ブロック $20-1$, $20-2$, ..., $20-M$ を接地するための接地線である。このように、回路ブロック $20-i$ は常時電源供給を受ける構成となっている。また、同図において、 X_i は回路ブロック $20-i$ への入力信号、 Y_i は同回路ブロック $20-i$ からの出力信号、 V_{Ni} は回路ブロック $20-i$ の論理素子を構成するPMOS トランジスタのバックゲート電位、 V_{Pi} は回路ブロック $20-i$ の論理素子を構成するNMOS トランジスタのバックゲート電位を示している。

【0034】

図9は回路ブロック $20-i$ の論理素子を形成するためのウェル構造を示している。同図に示すように、P型基板40をベースとしてNウェル47、48が形成され、さらにNウェル47内にPウェル49が形成されたトリプルウェル構造となっている。ウェル電位 V_{Pi} は論理素子を構成するNMOS トランジスタのバックゲート電位を示しており、ウェル電位 V_{Ni} は論理素子を構成するPMOS トランジスタのバックゲート電位を示している。回路ブロック $20-i$ のウェル構造は図9に示す構造に限らず、例えば、図10に示す構造としてもよい。同図に示す構造はN型基板50をベースとしてPウェル57、58が形成され、さらに

P ウェル 57 内に N ウェル 59 が形成されたトリプルウェル構造となっている。
ウェル電位 V_{Pi} は論理素子を構成する NMOS トランジスタのバックゲート電位を示しており、ウェル電位 V_{Ni} は論理素子を構成する PMOS トランジスタのバックゲート電位を示している。

【0035】

図 8 は回路ブロック 20-i の作動状態／待機状態におけるバックゲート電位の変化を示すタイミングチャートである。上述したように、マスタユニット 10 はイベントドリブン式に遷移する有限ステートマシンの各状態に応じて回路ブロック 20-i の待機状態／作動状態におけるバックゲート電位を制御する。回路ブロック 20-i が待機状態のときには、マスタユニット 10 はバックゲート電位 V_{Ni} を作動状態のときの電位 V_{N-AC} よりも昇圧して V_{N-SB} とし、バックゲート電位 V_{Pi} を作動状態のときの電位 V_{P-AC} よりも降圧して V_{P-SB} とする。これにより、論理素子を構成するトランジスタの閾値電圧を増加させることができるため、待機時における回路ブロック 20-i のリーク電流を減少させることができる。一方、回路ブロック 20-i が作動状態になるときは、マスタユニット 10 はバックゲート電位 V_{Ni} を待機状態のときの電位 V_{N-SB} よりも降圧して V_{N-AC} とし、バックゲート電位 V_{Pi} を待機状態のときの電位 V_{P-SB} よりも昇圧して V_{P-AC} とする。これにより、論理素子を構成するトランジスタの閾値電圧を低下させて低電圧駆動を行うことが可能となる。

【0036】

このように、本実施形態によれば、VLSI チップ内の半導体集積回路を複数の回路ブロック 20-1, 20-2, ..., 20-M に細分割し、待機状態における回路ブロック 20-1, 20-2, ..., 20-M の論理素子を形成するトランジスタの閾値電圧が増加するようにバックゲート電位を制御する構成であるため、待機時のリーク電流を大幅に減少させることができる。特に、携帯電話のようにバッテリーを主電源とする可搬性電子機器においては低消費電力化が大きな課題であるため、本発明の有用性は高く、汎用性の高い低消費電力の SOC (System On Chip)、SOB (System On Board)、SOP (System On Panel) を構築することができる。また、電力分配制御の対象となる回路ブロックを新たに追加・

削除・変更する場合においても、制御ロジックを新たに組み立て直し、有限ステートマシンを再設計することにより対応が可能となる。尚、本発明はウェル構造を有してバックゲートの電圧制御を行うスイッチング素子であれば、MOSトランジスタに限らず、適用できることは言うまでもない。

【0037】

[発明の実施形態2]

次に、各図を参照して本発明の第2実施形態について説明する。

図11は半導体集積回路を構成する複数の回路ブロック同士が相互にコミュニケーションを行ってCSP (Communicating Sequential Processes) 方式により自律的に又は他律的にバックゲート電位制御を行うシステムのブロック図である。VLSIチップ内の半導体集積回路は、待機状態から作動状態へ、又は作動状態から待機状態への状態遷移を有するN個の回路ブロック(論理ブロック)70-1, 70-2, ..., 70-Nに論理的に分割されている。VLSIチップ全体の消費電力を低減するには、機能別に分類される多数の回路ブロックに分割することが望ましい。これらの回路ブロック70-1, 70-2, ..., 70-Nはシステム中央制御用のグローバルクロックを基準に動作するのではなく、各々の回路ブロック70-1, 70-2, ..., 70-Nが自律的に又は他律的に動作する必要があると判断した場合に電源供給を受けて動作するように構成された非同期システムである。マスタユニット60(制御回路)は、主に、外部回路及び回路ブロック70-1, 70-2, ..., 70-Nとの直接的乃至間接的な通信を行ってシステム全体の調整を司る機能を果たす回路ブロックであるが、回路ブロック70-1, 70-2, ..., 70-Nへの電源供給を直接的に制御するものではない。各回路ブロックへの電源供給は各回路ブロックに内蔵乃至付帯する電源制御回路によって直接的に制御されるが、作動状態から待機状態への遷移のタイミングは、各回路ブロック自らが自律的に定め、待機状態から作動状態への遷移は他の回路ブロックからのリクエストを受けて他律的に定まる。これらのタイミングにおいて、回路ブロックは自ら内蔵する乃至付帯する電源制御回路を通して、自らの電源供給を制御する。

【0038】

図12はCSP方式による回路ブロックへのバックゲート電位制御を行う様子を示す説明図である。ここでは説明の便宜上4つの回路ブロック70-1～70-4を例示して説明するが、実際にはN個の回路ブロック70-1, 70-2, ..., 70-Nとマスタユニット60が相互にコミュニケーションを行うことにより回路ブロック70-1, 70-2, ..., 70-Nへのバックゲート電位制御を行う。回路ブロック70-1～70-4への電源供給はイベント駆動によって制御され、自律的に動作する必要があると判断した場合と、他律的に動作する必要があると判断した場合に電源供給を受けて動作する。各々の回路ブロック70-1～70-4は「チャンネル」を通じて他の回路ブロック70-1～70-4又はマスタユニット60と接続し、局所的な協調の下でイベント駆動を行う。チャンネルはその両端において「ポート」と接続する。

【0039】

同図に示す例では、回路ブロック70-1はポートa1, a2, a3を、回路ブロック70-2はポートb1, b2, b3を、回路ブロック70-3はポートc1, c2を、回路ブロック70-4はポートd1, d2を、マスタユニット60はポートx1, x2, x3をそれぞれ具備している。回路ブロック70-1に着目すると、回路ブロック70-1はチャンネル1, 2, 3を通じてマスタユニット60、回路ブロック70-2, 70-3と接続している。

【0040】

チャンネルを通じたポート間通信においては、全てのポートにはActive_又はPassive_のうち何れかの属性が付与される。例えば、回路ブロック70-1がチャンネル2を通じて自律的に回路ブロック70-2に向けてデータ転送を要求する場合は、回路ブロック70-1のポートa2にはSend Active_の属性が付与され、他律的にデータ転送の要求を受け入れる回路ブロック70-2のポートb1にはReceive Passive_の属性が付与される。これとは逆に回路ブロック70-1がチャンネル2を通じて回路ブロック70-2から自立的にデータ転送を要求する場合は、ポートa2にはReceive Active_の属性が付与され、他律的にデータ転送を行う回路ブロック70-2のポートb1にはSend Passive_の属性が付与される。ポート間通信においては、req/ack信号を送受信することにより、2相式又は

4 相式のハンドシェイクが行われる。

【0041】

回路ブロック 70-i の電源供給システムの回路構成は上述した図 3 又は図 7 と同様の構成とすることができる。回路ブロック 70-i を図 3 に示す回路構成とする場合には、回路ブロック 70-i の論理素子を形成するトランジスタのバックゲート電位 V_{Pi} , V_{Ni} の制御に加えて、スイッチングトランジスタのゲート電位 ϕ_{Pi} , ϕ_{Ni} とバックゲート電位 V_{NWi} , V_{PWi} の制御も必要となる。VLSI チップのウェル構造についても、上述の図 5 又は図 6 に示すトリプルウェル構造となる。一方、回路ブロック 70-i を図 7 に示す回路構成とする場合には、回路ブロック 70-i の論理素子を形成するトランジスタのバックゲート電位 V_{Pi} , V_{Ni} の制御が必要となる。VLSI チップのウェル構造についても、上述の図 9 又は図 10 に示すトリプルウェル構造となる。

【0042】

上述の第 1 実施形態では回路ブロック 70-i のバックゲート電位制御をマスタユニット 10 が行っていたが、本実施形態では前述した「チャネル」と「ポート」によって回路ブロック 70-i のバックゲート電位制御を自律的に又は他律的に行う。「チャネル」と「ポート」は回路ブロック 70-i の動作状態にかかわらず、常時電源供給を受けて作動するように構成されている。

【0043】

図 13 は回路ブロックへの電源供給のタイミングを説明するためのタイミング図である。ここでは、回路ブロック 70-1 に着目して説明するが、他の回路ブロックについても同様となる。上述したように回路ブロック 70-1 はチャネル 1~3 を介してマスタユニット 60、回路ブロック 70-2, 70-3 と接続している。時刻 t_0 においてシステムが起動し、マスタユニット 60 からのリクエストに応答して回路ブロック 70-1 がデータ受信要求を受け入れる場合には、Receive Passive となり、時刻 t_2 ~時刻 t_4 での期間において所望の動作処理を行う。回路ブロック 70-1 は、さらに、時刻 t_1 においてチャネル 2 を通じて自律的に回路ブロック 70-2 へのデータ送信を要求する場合には、Send Active となり、時刻 t_3 ~時刻 t_5 までの期間において所望の動作処理を行う。回路ブ

ック 7 0 - 1 は、さらに、時刻 t_6 においてチャネル 3 を通じて回路ブロック 7 0 - 3 からのデータ送信要求を受け入れる場合には、Send Passive となり、時刻 t_7 ~ 時刻 t_8 までの期間において所望の動作処理を行う。

【 0 0 4 4 】

時刻 t_0 ~ 時刻 t_5 までの期間と、時刻 t_6 ~ 時刻 t_8 までの期間においては、回路ブロック 7 0 - 1 はマスタユニット 6 0 と回路ブロック 7 0 - 2, 7 0 - 3 とのコミュニケーションを通じて自律的に又は他律的に動作するため（作動状態）、チャネル 1, 2, 3 とポート a_1, a_2, a_3 は、同期間において回路ブロック 7 0 - 1 を構成する論理素子の閾値電圧が減少するようにバックゲート電位 V_{Pi}, V_{Ni} を制御する。回路ブロック 7 0 - 1 が図 3 に示すようにスイッチング素子を介して電源供給を受ける場合には、スイッチング素子がオンとなるように、ゲート電位 ϕ_{Pi}, ϕ_{Ni} とバックゲート電位 V_{NW_i}, V_{PW_i} の制御を併せて行う。具体的な制御方法は図 4 又は図 8 に示すように行えばよい。

【 0 0 4 5 】

一方、時刻 t_5 ~ 時刻 t_6 までの期間では回路ブロック 7 0 - 1 は動作する必要がないため（待機状態）、チャネル 1, 2, 3 とポート a_1, a_2, a_3 は、同期間において、回路ブロック 7 0 - 1 を構成する論理素子の閾値電圧が増加するようにバックゲート電位 V_{Pi}, V_{Ni} を制御する。回路ブロック 7 0 - 1 が図 3 に示すようにスイッチング素子を介して電源供給を受ける場合には、スイッチング素子がオフとなるように、ゲート電位 ϕ_{Pi}, ϕ_{Ni} とバックゲート電位 V_{NW_i}, V_{PW_i} の制御を併せて行う。具体的な制御方法は図 4 又は図 8 に示すように行えばよい。

【 0 0 4 6 】

このように、本実施形態によれば、CSP 方式により回路ブロック 7 0 - 1, 7 0 - 2, ..., 7 0 - N へのきめ細かなバックゲート電位制御が可能となる上に、回路ブロックの追加・削除・変更などが生じても関係する回路ブロックとの交信内容・交信方法を設計し直すだけでよい、システム再構築の利便性に優れている。

【 0 0 4 7 】

次に、本発明の半導体集積回路を搭載した電子機器の例を示す。図14は通信機能を搭載した携帯型パーソナルデジタルアシスタンス（PDA）のブロック図である。同図に示すように、PDA80は、液晶ディスプレイ回路81と、操作キー82と、CPU83と、ROM84と、RAM85と、無線通信部86と、アンテナ87とを備えて構成されている。CPU83、無線通信部86などは本発明の半導体集積回路を実装したICチップで構成されており、装置全体の低消費電力化を実現している。特に、PDAのような携帯情報端末はバッテリーの持続時間を長く確保したいため、特に好適である。

【0048】

図15はデジタル通信方式の携帯電話のブロック図である。携帯電話90は、アンテナ91と、アンテナ共用器92と、受信部93と、周波数シンセサイザ94と、送信部95と、TDMA多重分離回路96と、スピーカ97と、マイク98を備えて構成されている。受信部93、送信部95、TDMA多重分離回路96などは本発明の半導体集積回路を実装したICチップで構成されており、装置全体の低消費電力化を実現している。

【0049】

より詳細には、受信部93は高周波増幅器、受信ミキサ、IF増幅器、遅延検波回路などを含んで構成されており、これらは本発明の半導体集積回路を実装した一又は二以上のICチップで構成されている。同様に、送信部95はIQ信号発生回路、直交変調器、送信ミキサ、送信電力増幅器などを含んで構成されており、これらについても本発明の半導体集積回路を実装した一又は二以上のICチップで構成されている。

【0050】

携帯型の電子機器は特に低消費電力化が要求されるため、本発明の半導体集積回路を実装したICチップで電子機器を構成することにより、電子機器に搭載されるバッテリーの持続時間をできるだけ長くすることができる。本発明の半導体集積回路を実装したICチップで構成される電子機器としては、PDAや携帯電話の他に、電子手帳、ノート型パソコン、録音再生機器、録画再生機器、携帯用テレビ、携帯用ラジオなどのあらゆる電子機器を含む。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 第 1 実施形態のシステムブロック図である。
- 【図 2】 電力分配制御を行う有限ステートマシンの状態遷移図である。
- 【図 3】 回路ブロックへの電源供給系統を示す回路図である（構成例 1）
- 。
- 【図 4】 バックゲート電位のタイミングチャートである。
- 【図 5】 VLSI チップのウェル構造を示す図である。
- 【図 6】 VLSI チップのウェル構造を示す図である。
- 【図 7】 回路ブロックへの電源供給系統を示す回路図である（構成例 2）

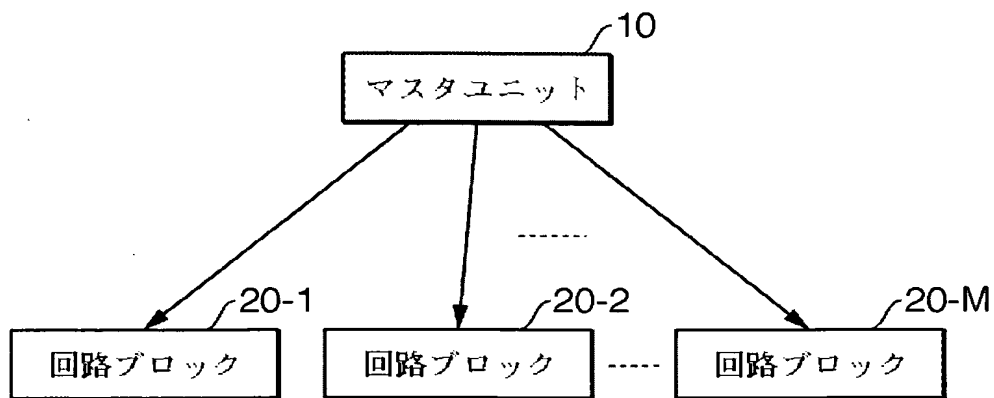
- 。
- 【図 8】 バックゲート電位のタイミングチャートである。
- 【図 9】 VLSI チップのウェル構造を示す図である。
- 【図 10】 VLSI チップのウェル構造を示す図である。
- 【図 11】 第 2 実施形態のシステムブロック図である。
- 【図 12】 CSP 方式による電力分配制御の説明図である。
- 【図 13】 回路ブロックへの電源供給のタイミング図である。
- 【図 14】 本発明を応用した PDA のブロック図である。
- 【図 15】 本発明を応用した携帯電話のブロック図である。

【符号の説明】

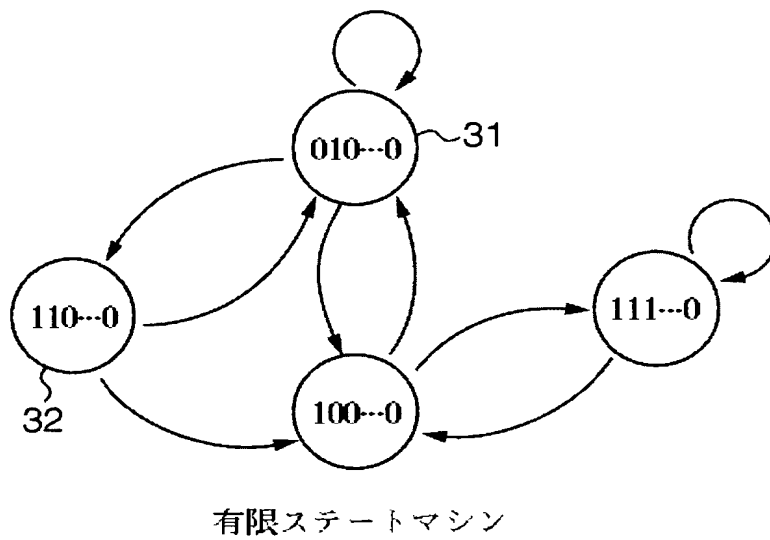
10, 60…マスタユニット 20, 70…回路ブロック V_{dd} …共通電源線
 V_{SS} …共通接地線 L_{ai} …部分電源供給線 L_{bi} …部分接地線 ϕ_{Pi}
 …PMOS トランジスタ MP_i のゲート電位 V_{NW_i} …PMOS トランジスタ MP_i
 のバックゲート電位 ϕ_{Ni} …NMOS トランジスタ MN_i のゲート電位 V_{PW_i}
 …NMOS トランジスタ MN_i のバックゲート電位 X_i …回路ブロック 20
 - i への入力信号 Y_i …回路ブロック 20 - i からの出力信号

【書類名】 図面

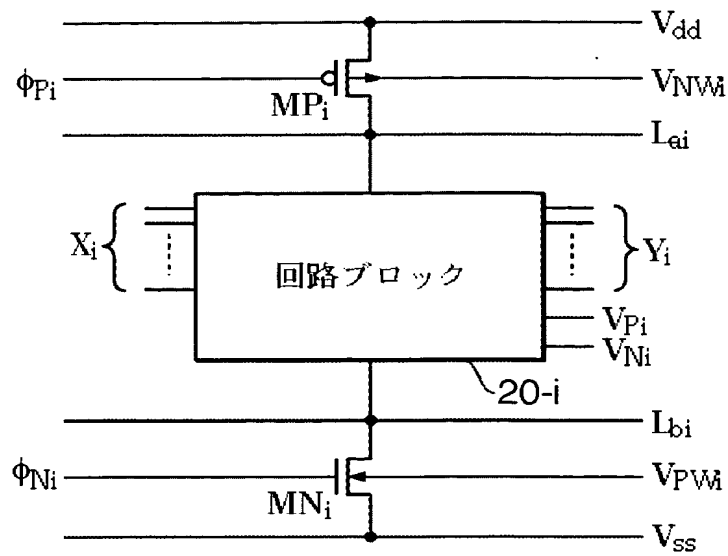
【図 1】



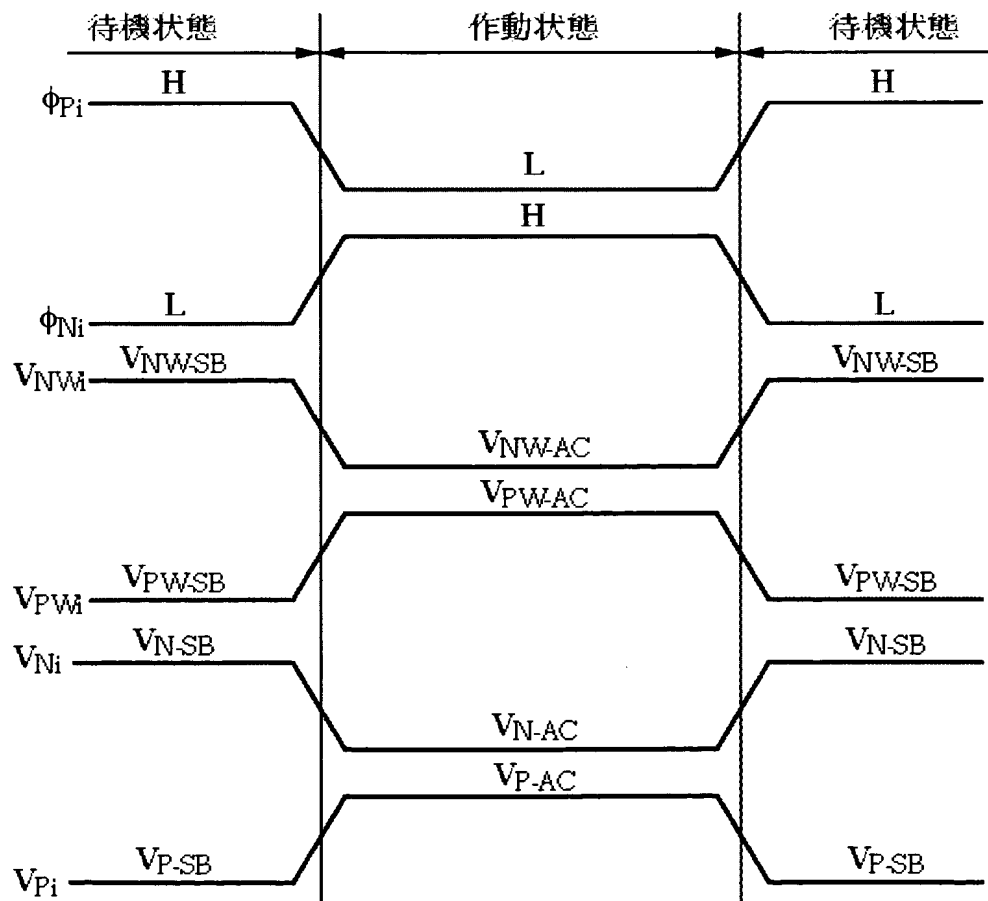
【図 2】



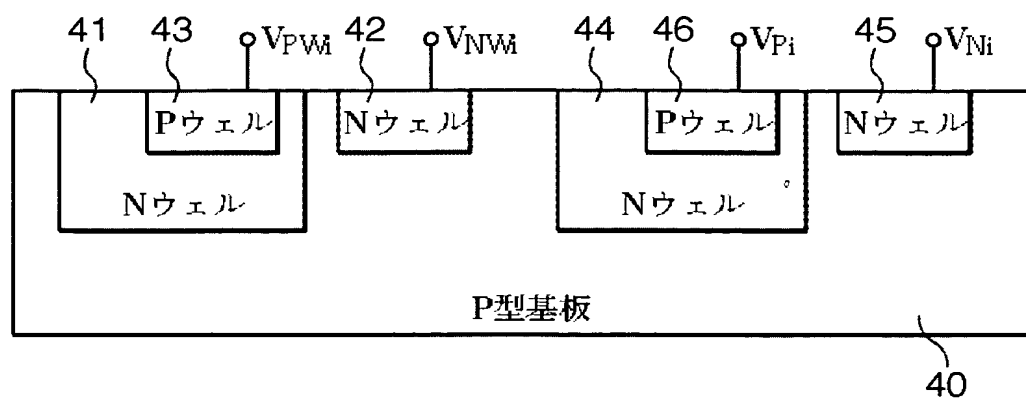
【図 3】



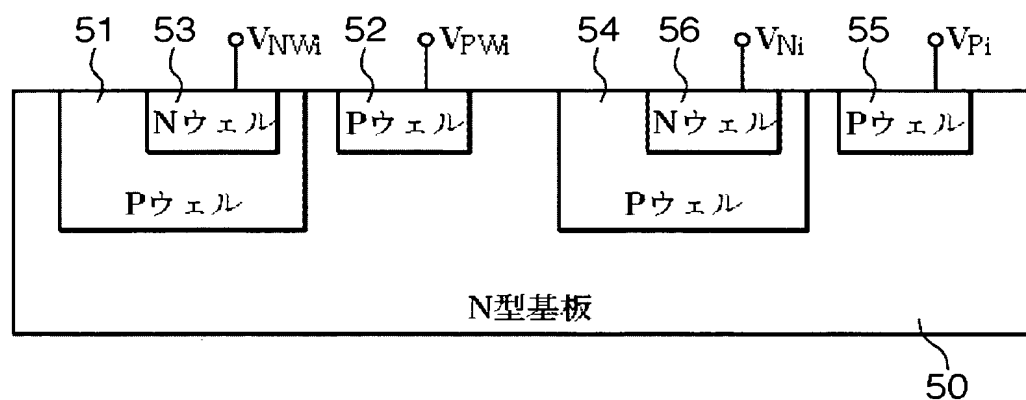
【図 4】



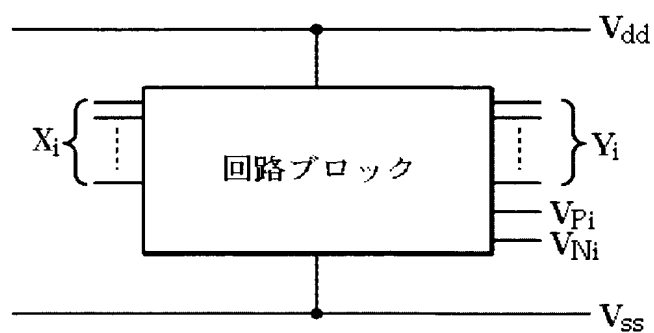
【図 5】



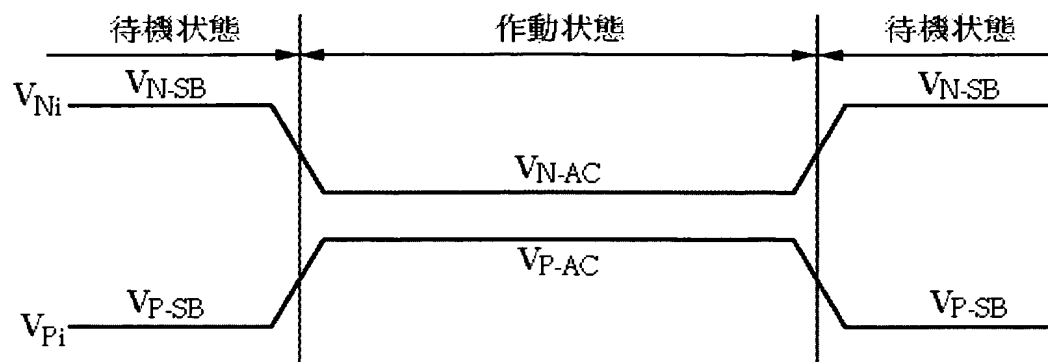
【図 6】



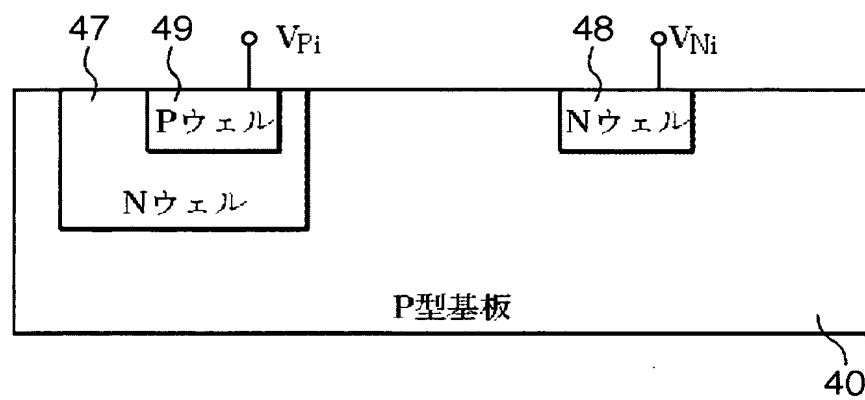
【図 7】



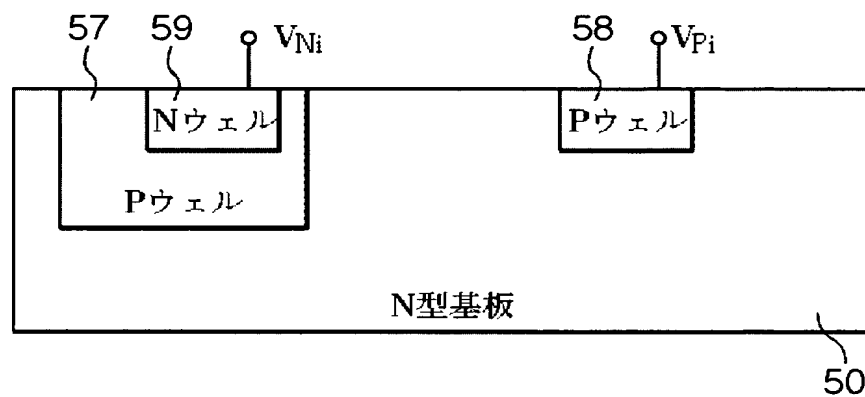
【図 8】



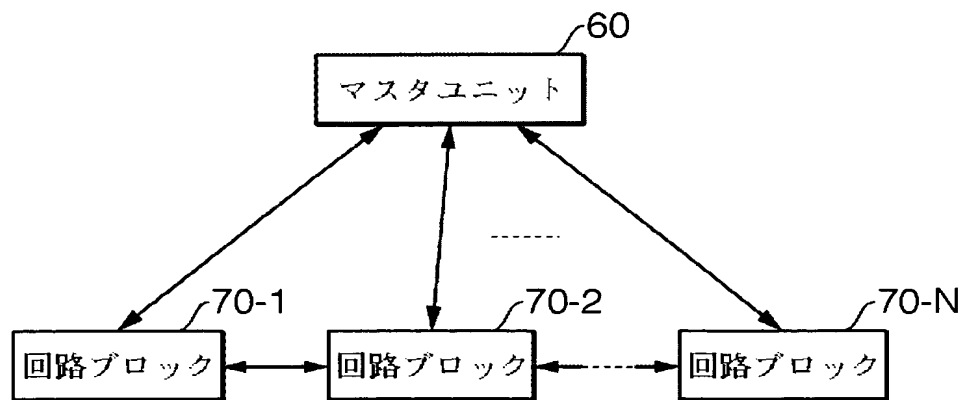
【図 9】



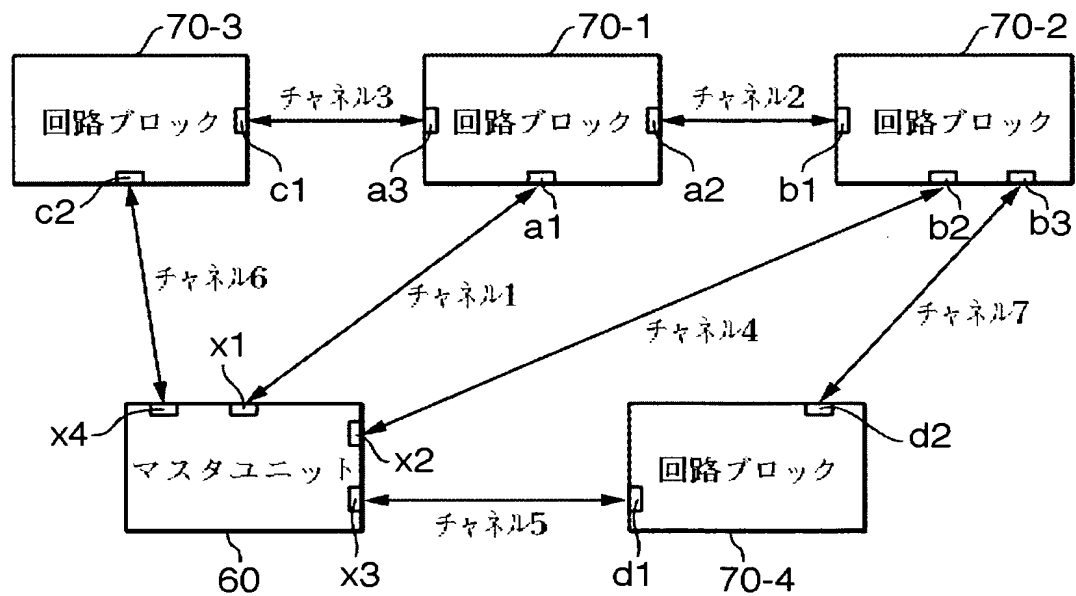
【図 10】



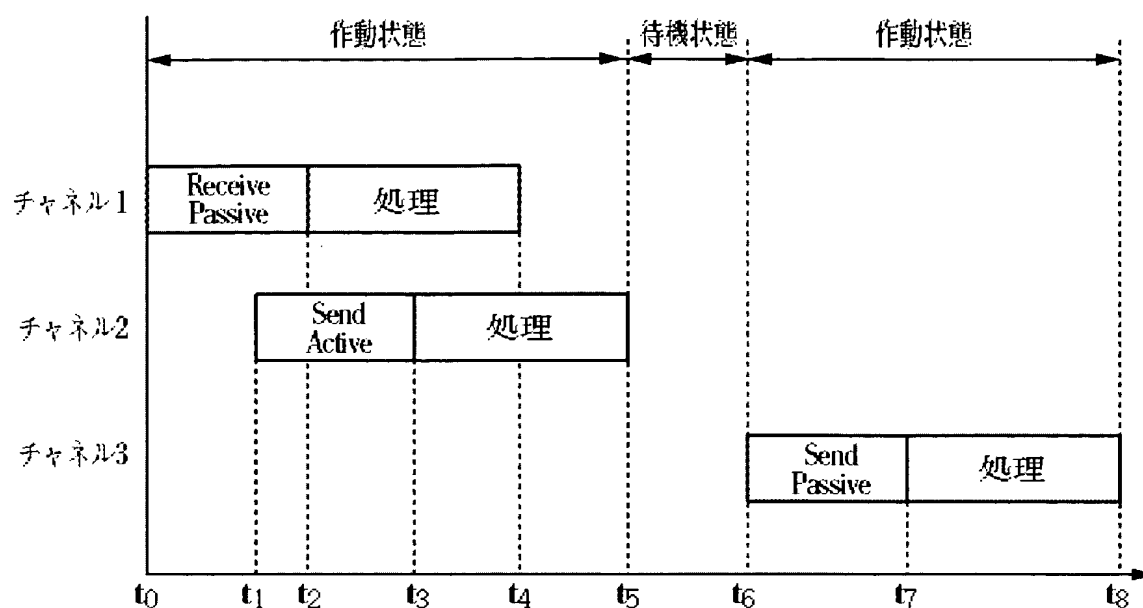
【図 11】



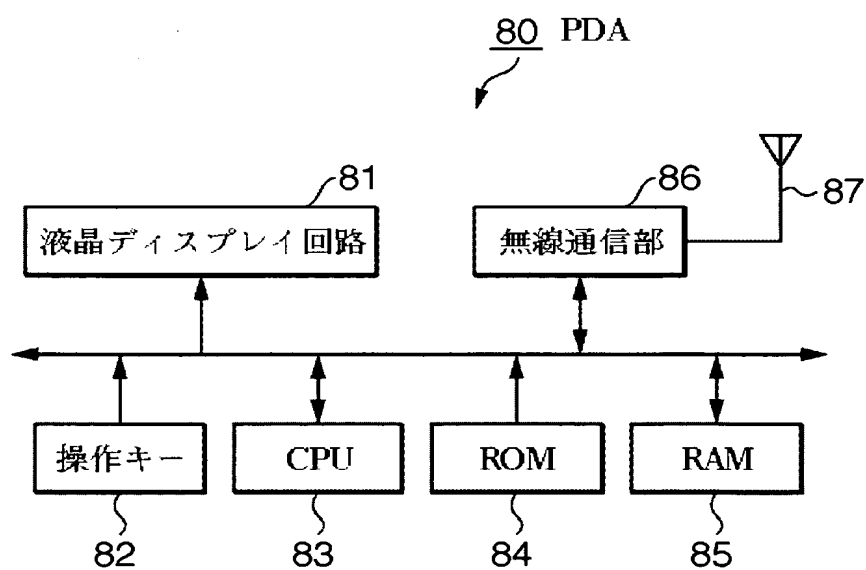
【図 12】



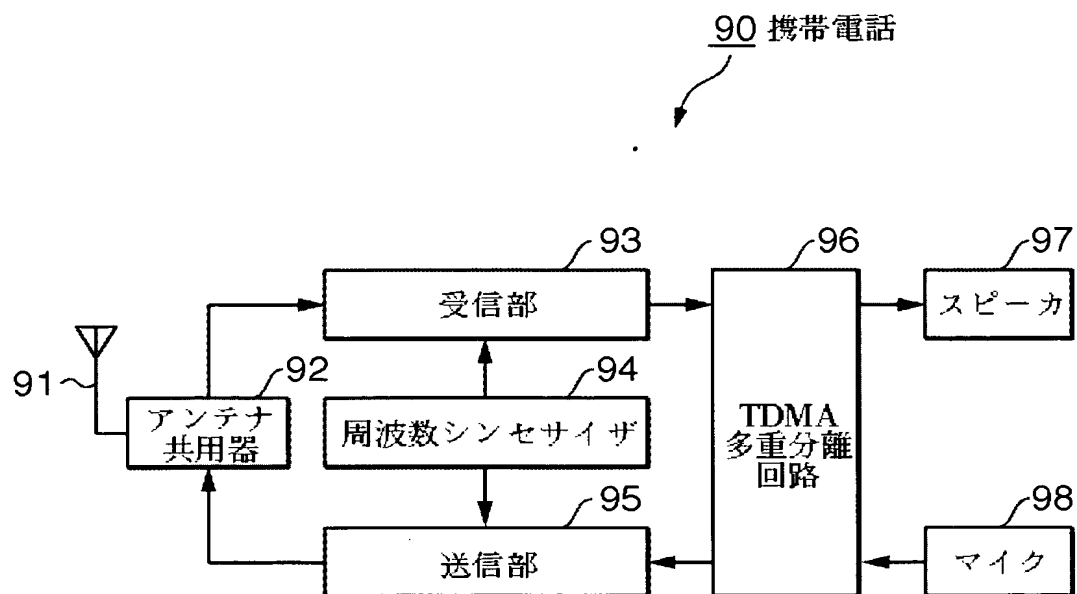
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体集積回路の一層の低消費電力化を実現するとともに、回路の待機状態から作動状態への移行を速める。

【解決手段】 本発明の半導体集積回路は、作動状態から待機状態へ又は待機状態から作動状態への状態遷移を有する複数の回路ブロック（20-1，20-2，…，20-M）と、複数の回路ブロック（20-1，20-2，…，20-M）の各々の状態遷移を予め規定する有限ステートマシンに基づいて回路ブロック（20-1，20-2，…，20-M）の論理素子を形成するトランジスタのバックゲート電位をイベントドリブン式に制御するマスタユニット（10）を備える。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 1 2 0 8 8
受付番号	5 0 3 0 0 6 3 2 8 6 9
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 5 年 4 月 1 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 4月16日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 1 2 0 8 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

氏 名

セイコーエプソン株式会社